



## Method for controlling motor vehicle interior temperature

**Patent number:** DE4331142  
**Publication date:** 1995-03-23  
**Inventor:** STRAUB WOLFGANG DIPL ING (DE)  
**Applicant:** DAIMLER BENZ AG (DE)  
**Classification:**  
- **International:** G05D23/00; B60H1/00; F24D19/10; F24F11/00  
- **European:** B60H1/00Y5; B60H1/00Y6B; G05D23/20G4B  
**Application number:** DE19934331142 19930914  
**Priority number(s):** DE19934331142 19930914

Also published as:

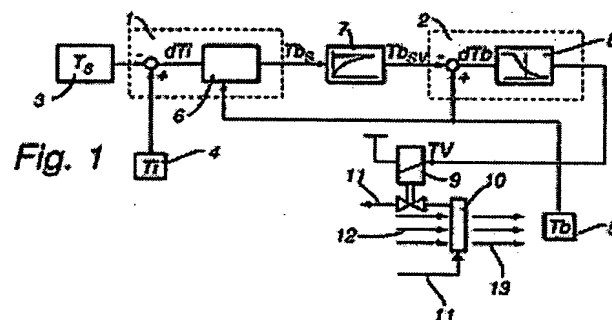
 US5564625 (A1)  
 GB2281792 (A)

[Report a data error here](#)

Abstract not available for DE4331142

Abstract of correspondent: **US5564625**

A method for controlling the temperature of an interior, particularly for a motor vehicle immediately sets the desired temperature of the inflowing medium by way of PI control in a starting phase only if the initial interior-temperature error values are small. With larger initial control imbalances, an offset desired temperature for the medium acting thermally on the interior is first of all set such that the interior-temperature error is counteracted to the maximum extent by the inner control loop. The range of small interior-temperature errors is thus regained as rapidly as possible, after which PI control is carried out.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

EHS f. Stdt

P802359/DEM



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 43 31 142 C 2

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 05 D 23/00**  
B 60 H 1/00  
F 24 D 19/10  
F 24 F 11/00

⑳ Aktenzeichen: P 43 31 142.3-52  
㉑ Anmeldetag: 14. 9. 93  
㉒ Offenlegungstag: 23. 3. 95  
㉓ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 6. 7. 95

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

㉔ Patentinhaber:  
Mercedes-Benz Aktiengesellschaft, 70327 Stuttgart,  
DE

㉕ Erfinder:  
Straub, Wolfgang, Dipl.-Ing. (FH), 73326 Deggingen,  
DE

㉖ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE	36 10 962 C2
DE	41 23 882 A1
DE	34 25 445 A1
DE	31 21 031 A1

㉗ Verfahren zur Regelung der Temperatur eines Innenraums, insbesondere für ein Kraftfahrzeug

DE 43 31 142 C 2

DE 43 31 142 C 2

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Regelung der Temperatur eines Innenraums, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Ein derartiges Verfahren ist in Form einer Heizungsregelung für den Innenraum eines Kraftfahrzeuges aus der DE 41 23 882 A1 bekannt. Bei diesem Anwendungsfall bildet Luft, die von außen einem Wärmetauscher zugeführt und von dort in den Fahrzeuginnenraum gelassen wird, gleichzeitig das Innenraummedium und das auf den Innenraum thermisch einwirkende Medium. Ein innerer Regelkreis stellt die Temperatur der eingeblasenen Luft nach Vorgabe einer Einblasluft-Solltemperatur ein. Diese Einblasluft-Solltemperatur wird ihrerseits als Stellgröße eines äußeren Regelkreises gewonnen, dessen Führungsgröße durch die benutzerseitig eingestellte Innenraum-Solltemperatur gegeben ist. Bei kleinen Innenraumtemperatur-Regelabweichungen erfolgt die Ermittlung der Stellgröße des äußeren Regelkreises normalerweise mittels einer PI-Regelung, wobei der I-Anteil vorteilhaft für die Erzielung einer verschwindenden Regelabweichung sorgt. Bei hohen Regelabweichungen, z. B. aufgrund zurückgehender Störgrößeneinflüsse, wie beispielsweise sinkende Außentemperatur nach vorheriger starker Sonneneinstrahlung, reagiert die PI-Regelung jedoch nicht so schnell, wie dies erwünscht ist. Das bekannte Verfahren sieht daher vor, bei einer zu hohen Regelabweichung des äußeren Regelkreises in wenigstens einer Richtung ab einem vorgegebenen Grenzwert die Regelung auf eine reine P-Regelung umzuschalten.

Aus der DE 36 10 962 C2 ist es bekannt, zur Regelung der Innenraumtemperatur, insbesondere eines Kraftfahrzeuges, die Temperatur der einströmenden Luft mittels eines entsprechenden Temperatursensors zu erfassen und abhängig von der Regelabweichung der Innenraumtemperatur zu bewerten.

Aus der DE 34 25 445 A1 ist es bekannt, zur Temperaturregelung mittels eines Mischventilthermostaten einen inneren, auf das Mischventil als Stellorgan einwirkenden Regelkreis sowie einen vorgelagerten äußeren Regelkreis mit einem Temperaturregler vorzusehen, wobei der Temperaturregler ein PI-Regler sein kann und mit seinem Stellgrößensignal das Führungsgrößensignal für den inneren Regelkreis erzeugt.

In der Offenlegungsschrift DE 31 21 031 A1 ist eine Vorrichtung zur Regelung der Temperatur eines Heizkessels offenbart, die einen PI-Regler und einen diesem parallel geschalteten Komparator umfaßt. Solange in einer Anheizphase die Isttemperatur noch unterhalb eines vorgebbaren Grenzwertes, der wiederum etwas geringer als der vorgegebene Temperatursollwert ist, liegt, gibt der Komparator ein Ausgangssignal ab, das zum einen den PI-Regler ausgeschaltet hält und zum anderen als Stellsignal zum Anheizen dient. Sobald die Isttemperatur den Grenzwert überschreitet, schaltet der Komparator um und der PI-Regler übernimmt die Temperaturregelung.

Der Erfindung liegt als technisches Problem die Bereitstellung eines Verfahrens der eingangs genannten Art zugrunde, durch das im laufenden Regelbetrieb auftretende Regeldifferenzen zuverlässig eliminiert und anfängliche größere Abweichungen vom Regelgleichgewicht in einer Startphase schnellstmöglich verringert werden können.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den

Merkmale des Patentanspruches 1 gelöst. Durch die Vorgabe des wenigstens einen Startbetriebsgrenzwertes für einen für den anfänglichen Regelsystemzustand repräsentativen Temperaturparameter, wie z. B. die anfängliche Innenraumtemperatur-Regeldifferenz oder die Kühlwassertemperatur einer Kraftfahrzeugheizungs- oder -klimaanlage, wird festgelegt, wie weit dieser Startzustand gerade noch vom angestrebten Regelgleichgewicht, d. h. vom Zustand im eingefahrenen Regelbetrieb, entfernt sein darf, um die Regelung sofort mittels der PI-Regelung anzufahren. Ist der Startzustand der Regelung hingegen weiter vom Regelgleichgewicht entfernt als durch diesen Grenzwert vorgegeben, so wird zuerst ein maximal gegenregelnder Regelungsbetrieb durchgeführt, und zwar durch Erzeugen einer passenden Offset-Solltemperatur des Mediums mittels des äußeren Regelkreises. Denn dieser Offset-Wert wirkt auf den inneren Regelkreis derart ein, daß dieser einen zugehörigen Stellbereichsendwert einstellt und damit die maximale Gegenregelung bewirkt. Unabhängig davon, wie weit der anfängliche, startzustandsspezifische Temperaturparameter-Istwert von dem vorgegebenen Grenzwert auf der vom Regelgleichgewicht abgewandten Seite entfernt liegt, wird auf diese Weise dem anfänglichen Regelungleichgewicht sofort maximal entgegengewirkt, bis die Innenraumtemperatur-Regeldifferenz einen des weiteren für diesen Zweck vorgegebenen Umschaltgrenzwert zu kleinen Regelabweichungen hin überschreitet, wonach die weitere Regelung im PI-Regelbetrieb erfolgt.

Das Verfahren kombiniert somit die im eingefahrenen Regelbetrieb vorteilhafte PI-Regelung mit einem vom Startzustand der Regelung abhängigen Startbetrieb in einer Anlaufphase, der bei kleineren anfänglichen Abweichungen vom Regelgleichgewicht aus einer sofortigen PI-Regelung, bei größeren anfänglichen Regelabweichungen hingegen aus einem vorgeschalteten maximal gegenregelnden Regelbetrieb besteht, mit dem sich in diesem Fall das Regelgleichgewicht schneller erreichen läßt als bei sofortiger Verwendung der PI-Regelung. Insbesondere kann damit großen Regelabweichungen noch schneller entgegengewirkt werden, als dies mit einer P-Regelung möglich ist. Das Verfahren bewirkt außerdem, daß die Innenraumtemperatur unabhängig von der jeweils vorhandenen Temperatur des Außenraums, dem z. B. im Fall einer Fahrzeug-Klimaanlage das Innenraummedium entnommen wird, durch entsprechende Einstellung der Temperatur des einströmenden Mediums immer auf die eingestellte Innenraum-Solltemperatur eingeregelt wird. Dazu wird das Medium gegebenenfalls vor dem Einströmen abgekühlt und/oder erwärmt. Durch die Verwendung der PI-Regelung bei kleinen Regelabweichungen wird die genaue Erreichung der Innenraum-Solltemperatur möglich, ohne daß hierfür zwingend ein Außentemperatursensor notwendig ist.

In Weiterbildung der Erfindung nach Anspruch 2 wird die Stellgröße des äußeren Regelkreises zeitverzögert dem inneren Regelkreis als Führungsgröße zugeführt, wodurch die Regelung geeignet an das zeitliche Temperaturänderungsverhalten des zu regelnden Systems, beispielsweise eines Fahrzeuginnenraums, anpaßbar ist, und unerwünscht starke Schwankungen der Temperatur des einströmenden Mediums verhindert werden.

In einer Ausgestaltung der Erfindung nach Anspruch 3 bestimmt der äußere Regelkreis die Offset-Solltemperatur aus der Summe des Temperatur-Istwertes des Mediums und einem vorwählbaren, zeitunabhängigen Tem-

peraturzusatzwert. Letzterer entspricht damit bis auf eine eventuelle geringfügige Modifikation durch die zeitverzögerte Signalübermittlung zwischen äußerem und innerem Regelkreis der Regeldifferenz für den inneren Regelkreis und wird daher so vorgewählt, daß er dort zur Erzeugung eines der Abweichung maximal entgegenwirkenden Stellgrößenbereichs-Endwertes führt.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung nach Anspruch 4 wird ein Startwert für eine sich an eine maximal gegenregelnde Startphase nach Überschreiten des entsprechenden Umschaltgrenzwertes anschließende PI-Regelung vorgegeben, bei der der Temperatur-Sollwert des Mediums laufend rekursiv aus dem bisherigen Sollwert sowie aus in vorangegangenen Schritten ermittelten Innenraumtemperatur-Regelabweichungen berechnet wird, wobei dieser Startwert als Summe aus dem Temperatur-Istwert des Mediums und einem vorwählbaren Temperaturzusatzwert gebildet wird. Dies ermöglicht es, den vorwählbaren Zusatzwert systemabhängig geeignet so vorzugeben, daß die Regelung mit maximaler Stellgrößeneinwirkung nach der Grenzwertüberschreitung möglichst stetig in die PI-Regelung übergeht, wobei insbesondere der Zusatzwert gemäß Anspruch 5 außentemperaturabhängig vorwählbar ist, so daß für beliebige Außentemperaturen jeweils nur ein unmerkliches Einschwingregelverhalten auftritt.

Eine Ausgestaltung der Erfindung nach Anspruch 6 hat den Vorteil, daß nach anfänglicher maximaler Gegenregelung durch die volle vorhandene Heiz- oder Kühlleistung die PI-Regelung jeweils bei betragsmäßig genügend kleiner Innenraumtemperatur-Regeldifferenz aktiviert wird.

In Ausgestaltung der Erfindung wird nach Anspruch 7 als für den anfänglichen Regelsystemzustand repräsentativer Temperaturparameter die Innenraumtemperatur-Regeldifferenz herangezogen, wobei die vorgegebenen Startbetriebsgrenzwerte so gewählt sind, daß der untere Startbetriebsgrenzwert kleiner als und der obere Startbetriebsgrenzwert größer als jeder Umschaltgrenzwert ist.

Alternativ wird in Weiterbildung der Erfindung nach Anspruch 8 als für den anfänglichen Regelsystemzustand repräsentativer Temperaturparameter die Kühlwassertemperatur einer Fahrzeugheizungs- oder -klimaanlage herangezogen und der anfängliche maximal gegenregelnde Betrieb dann aktiviert, wenn ein vorgegebener Kühlwassertemperaturgrenzwert als Startbetriebsgrenzwert unterschritten wird.

Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ist in den Zeichnungen dargestellt und wird nachfolgend beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild einer Anordnung zur Kraftfahrzeug-Innenraumtemperaturregelung mit einem inneren und einem äußeren Regelkreis,

Fig. 2 die Stellgrößen/Regeldifferenz-Kennlinie des inneren Regelkreises und

Fig. 3 Meßkurven einer mit der Anordnung nach Fig. 1 durchgeführten Erwärmung des Kraftfahrzeuginnenraums.

Die in Fig. 1 gezeigte Regelungsanordnung zur Regelung der Innenraumtemperatur eines Kraftfahrzeuges enthält eine äußere Regeleinrichtung (1) als Kernstück eines äußeren Regelkreises sowie eine innere Regeleinrichtung (2) als Kernstück eines inneren Regelkreises. Der äußeren Regeleinrichtung (1) ist ein Führungsgrößeneinsteller (3) vorgeordnet, an dem die gewünschte Fahrzeuginnenraum-Solltemperatur ( $T_s$ ) vom Benutzer einstellbar ist. Das die Fahrzeuginnenraum-Isttempera-

tur ( $T_i$ ) charakterisierende Rückführgrößensignal wird der äußeren Regeleinrichtung (1) von einem Innenraumtemperatursensor (4) zugeführt. Aus diesem Temperatur-Istwert ( $T_i$ ) und dem Temperatur-Sollwert ( $T_s$ ) bestimmt eine eingangsseitige Summierstufe der äußeren Regeleinrichtung (1) die Regeldifferenz ( $dT_i$ ). Letztere wird ebenso wie das Ausgangssignal eines weiteren Temperatursensors (5) einer zentralen Reglereinheit (6) der äußeren Regeleinrichtung (1) zugeführt.

Dieser weitere Temperatursensor (5) ist im Luftstrom (13) derjenigen Luft angeordnet, die vom Wärmetauscher (10) einer zugehörigen Heizungsanlage in den Fahrzeuginnenraum mit der vom Sensor (5) gemessenen Einblaslufttemperatur ( $T_b$ ) einströmt und das Medium zur Innentemperaturregelung darstellt. Der Wärmetauscher (10) wird von einem Heißwasserkreislauf (11) erhitzt und erwärmt seinerseits die von außerhalb des Fahrzeugs hereinströmende Luft (12) auf die Einblaslufttemperatur ( $T_b$ ). Zur Regulierung dieser Temperatur ist im Wasserkreislauf (11) ein durchflußsteuerndes Taktventil (9) angeordnet, wodurch der Wärmeübertrag vom Wasserkreislauf (11) auf den Luftstrom (12, 13) mittels getakteter Durchflußsteuerung des Wasserkreislaufs (11) einstellbar ist.

Aus der Innenraumtemperatur-Regeldifferenz ( $dT_i$ ) und der Einblasluft-Isttemperatur ( $T_b$ ) gewinnt die zentrale Reglereinheit (6) der äußeren Regeleinrichtung (1) ein Stellgrößensignal ( $T_{b,s}$ ) das ein zeitverzögerndes  $PT_1$ -Glied (7) beaufschlagt. Das Ausgangssignal ( $T_{b,v}$ ) dieses Zeitverzögerungsgliedes (7) ist dann als Führungsgröße der inneren Regeleinrichtung (2) zugeführt. Als Regelgrößensignal dient der inneren Regeleinrichtung (2) das Ausgangssignal des Einblasluft-Temperatursensors (5). Eine eingangsseitige Summierstufe der inneren Regeleinrichtung (2) bildet die Regeldifferenz ( $dT_b = T_b - T_{b,v}$ ) aus dem Einblaslufttemperatur-Istwert ( $T_b$ ) und dem zeitverzögert von der äußeren Regeleinrichtung (1) führungsgrößenständig der inneren Regeleinrichtung (2) zugeführten Einblaslufttemperatur-Sollwert ( $T_{b,v}$ ). Diese Regeldifferenz ( $dT_b$ ) beaufschlagt wiederum eine zentrale Reglereinheit (8) der inneren Regeleinrichtung (2), die daraus in Verbindung mit einer systemspezifisch vorgegebenen Kennlinie, die in Fig. 2 genauer dargestellt ist, als Stellgröße ein Taktsignal mit bestimmtem Taktverhältnis (TV) zur Ansteuerung des Taktventils (9) erzeugt.

Bei der in Fig. 2 gezeigten Kennlinie beträgt das Taktverhältnis (TV) bei einer Einblaslufttemperatur-Regeldifferenz ( $dT_b$ ) kleiner als  $-10\text{ K } 100\%$ , d. h. daß das Taktventil (9) vollständig geöffnet ist und folglich ein maximaler Wärmeübertrag auf die Einblasluft vorliegt, wenn die Einblasluft-Isttemperatur ( $T_b$ ) um mehr als  $10\text{ K}$  unter der vom äußeren Regelkreis vorgegebenen Einblasluft-Solltemperatur ( $T_{b,v}$ ) liegt. Von diesem Punkt der Kennlinie bei  $-10\text{ K}$  aus fällt das Taktverhältnis bei ansteigender Einblaslufttemperatur-Regeldifferenz ( $dT_b$ ) zunächst stärker und dann schwächer werdend stetig ab, bis es den Wert Null erreicht, wenn diese Regeldifferenz ( $dT_b$ )  $+10\text{ K}$  beträgt. In letzterem Fall ist dann das Taktventil (9) vollständig geschlossen, so daß der Wasserkreislauf (11) des Wärmetauschers (10) abgesperrt ist und kein Wärmeübergang auf die Einblasluft mehr erfolgt. Selbstverständlich ist der Kennlinienverlauf systemspezifisch und beispielsweise auf den jeweils betrachteten Fahrzeugtyp und die verwendete Heizungsanlage passend einzustellen.

Nachfolgend wird das von der Anordnung der Fig. 1 unter Verwendung der Kennlinie nach Fig. 2 durchge-

fürte Regelverfahren näher erläutert, wobei zuerst der Aufheizfall betrachtet wird.

Das Verhalten der Heizungsregelung nach einer Aktivierung derselben, d. h. beispielsweise nach Einschalten der Zündung des Kraftfahrzeugs, ist abhängig vom gemessenen Anfangswert der in diesem Beispiel als für den anfänglichen Regelsystemzustand repräsentativer Temperaturparameter gewählten Innenraumtemperatur-Regeldifferenz ( $dTi$ ), die die Differenz von Isttemperaturwert abzüglich Solltemperaturwert angibt. Hierzu werden sowohl ein unterer ( $dTi_{Gu}$ ) wie auch ein oberer Innenraumtemperatur-Regeldifferenz-Startbetriebsgrenzwert ( $dTi_{Gu}$ ) vorgegeben, wobei die Grenzwerte in diesem Beispiel auf  $dTi_{Gu} = -8$  K sowie  $dTi_{Gu} = +2$  K gesetzt sind.

Liegt die anfängliche Innenraumtemperatur-Regeldifferenz ( $dTi$ ) in dem durch diese beiden Startbetriebsgrenzwerte ( $dTi_{Gu}$ ,  $dTi_{Gu}$ ) begrenzten Intervall, so wird dies von der zentralen Reglereinheit (6) der äußeren Regeleinrichtung (1) als geringe Abweichung vom Regelgleichgewicht interpretiert und sofort eine PI-Regelung aktiviert, welche laufend iterativ die Einblasluft-Solltemperatur ( $T_b$ ) nach der Rekursionsgleichung

$$T_b(k) = T_b(k-1) - V \cdot dTi(k) - V \cdot (t_0/t_n - 1) \cdot dTi(k-1)$$

berechnet, wobei  $V$  ein proportionaler Verstärkungsfaktor,  $t_n$  eine systembedingte Reglerzeitkonstante,  $t_0$  die Periodendauer eines Regeltaktes, z. B.  $t_0 = 3$  s und  $k$  die Zahl der Iterationsschritte bezeichnen. Als Anfangswert ( $T_b(0)$ ) wird der anfänglich gemessene Einblaslufttemperatur-Istwert ( $T_b$ ) gewählt, so daß die Einblaslufttemperatur-Regeldifferenz ( $dTb$ ) anfangs auf Null gesetzt ist. Die Regelung beginnt, wie aus Fig. 2 zu ersehen, unter diesen Bedingungen mit einem Taktverhältnis (TV) von ca. 8% und nähert sich dann langsam dem gewünschten Innenraumtemperatur-Sollwert. Alternativ kann als Anfangswert ( $T_b(0)$ ) auch ein aus einem Speicher der zentralen Reglereinheit (6) der äußeren Regeleinrichtung (1) ausgelesener Wert verwendet werden, der dort zum Schluß eines vorangegangenen Regelungsbetriebs abgespeichert wurde. Der weitere Regelungsbetrieb erfolgt ebenfalls mit dieser PI-Regelung, und zwar auch dann, wenn durch starke äußere Störgrößeneinflüsse, wie z. B. Sonneneinstrahlung, die Innenraumtemperatur-Regeldifferenz ( $dTi$ ) kurzfristig in einen Bereich außerhalb des durch die obigen Grenzwerte ( $dTi_{Gu}$ ,  $dTi_{Gu}$ ) definierten Intervalls gerät.

Liegt die gemessene anfängliche Innenraumtemperatur-Regeldifferenz ( $dTi$ ) unterhalb des unteren Startbetriebsgrenzwertes  $dTi_{Gu} = -8$  K, d. h. die Innenraumtemperatur ( $T_i$ ) ist merklich zu gering, so wird zunächst von der zentralen Reglereinheit (6) der äußeren Regeleinrichtung (1) nicht die PI-Regelung aktiviert. Vielmehr erkennt diese zentrale Reglereinheit (6) diesen Startzustand der Regelung als große Abweichung vom angestrebten Regelgleichgewicht, d. h. vom eingefahrenen Regelbetrieb, und führt in einer Startphase einen maximal gegenregelnden Betrieb in folgender Form durch. Die zentrale Reglereinheit (6) gibt einen Einblaslufttemperatur-Sollwert ( $T_b$ ) als Offset-Wert der Form

$$T_{b\text{off}} = T_b + x_{SH}$$

ab, wobei sie auf den ihr zu diesem Zweck vom entsprechenden Sensor (5) zugeführten Einblaslufttemperatur-Istwert ( $T_b$ ) zum Zeitpunkt der Aktivierung der Regelung den zusätzlichen, zeitunabhängig vorgegebenen

Temperaturwert ( $x_{SH}$ ) hinzuaddiert. Aus obiger Beziehung folgt, daß in diesem Startbetrieb bei anfänglicher großer negativer Innenraumtemperatur-Regeldifferenz ( $dTi$ ) die Einblaslufttemperatur-Regeldifferenz ( $dTb$ ) der inneren Regeleinrichtung (2) wegen der Beziehung  $dTb = T_b - T_{b\text{sv}}$  dem negativen Wert dieses zeitunabhängigen Zusatztemperaturwertes ( $x_{SH}$ ) voll bzw. unter Berücksichtigung der zeitverzögernden Zuleitung des Einblaslufttemperatur-Sollwertes ( $T_b$ ) an die innere Regeleinrichtung (2) jedenfalls annähernd entspricht. Der Zusatzwert ( $x_{SH}$ ) läßt sich daher so vorwählen, daß zu jedem Zeitpunkt sichergestellt ist, daß die Einblaslufttemperatur-Regeldifferenz ( $dTb$ ) unterhalb von  $-10$  K liegt. Daraus folgt, daß bei diesem Fall der anfänglichen

Unterschreitung des unteren Startbetriebsgrenzwertes ( $dTi_{Gu}$ ) durch die Innenraumtemperatur-Regeldifferenz ( $dTi$ ) die Regelungsanlage das Taktventil (9) in einer Startphase zu 100%, d. h. vollständig, geöffnet hält. Der Wasserdurchfluß durch den Wärmetauscher (10) und damit der Wärmeübergang auf die in den Innenraum einzublasende Luft (13) wird damit zunächst maximal gehalten. Dies bewirkt, daß die Regelung schnellstmöglich versucht, den Bereich betragsmäßig kleiner Innenraumtemperatur-Regeldifferenzen wieder zu erreichen. Dieser maximal gegenregelnde Startbetrieb wird aufrecht erhalten, bis die Innenraumtemperatur-Regeldifferenz ( $dTi$ ) einen vorgegebenen unteren Innenraumtemperatur-Regeldifferenz-Umschaltgrenzwert ( $dTi_{Gu}$ ) überschreitet, der auf  $dTi_{Gu} = -1$  K gesetzt ist. Die Aufheizphase gestaltet sich auf diese Weise sehr kurz bei 100%iger Heizleistungsausnutzung. Da die PI-Regelung in dieser Phase deaktiviert ist, ist diese Aufheizphase nicht zeitdiskret und somit unabhängig von der Aufheizgeschwindigkeit des Kühlwassers im Motor und anderen Zeitkonstanten des Fahrzeugs.

Sobald durch die maximale Wärmezufuhr die Innenraumtemperatur-Regeldifferenz ( $dTi$ ) den unteren Umschaltgrenzwert von  $-1$  K überschritten hat, wird zur Einblasluft-Sollwertbestimmung der PI-Regelteil der zentralen Reglereinheit (6) in der äußeren Regeleinrichtung (1) aktiviert, der die Regelung ab diesem Zeitpunkt gemäß der obigen Rekursionsformel als PI-Regelung weiterführt. Als Startwert wird der PI-Regelung hierbei ein anfänglicher Einblaslufttemperatur-Sollwert ( $T_b(0)$ ) gemäß der Beziehung  $T_b(0) = T_b + x_{SH}$  zugeordnet. Hierbei ist der nunmehr zum Einblaslufttemperatur-Istwert ( $T_b$ ) hinzuaddierte Temperaturwert ( $x_{SH}$ ) so gewählt, daß beim Umschalten auf die PI-Regelung die Taktung des Ventils (9) mit dem passenden Taktverhältnis eingeleitet wird. Dies hängt von der herrschenden Außentemperatur ab. Ist diese bekannt, z. B. über einen entsprechenden Außentemperatursensor, so kann der Zusatzwert ( $x_{SH}$ ) davon abhängig ausgelegt werden, wobei der Zusatzwert ( $x_{SH}$ ) um so größer ist, je tiefer die Außentemperatur ist. Ist die Außentemperatur nicht bekannt, bleibt die Regelung dennoch funktionsfähig. Der Zusatzwert ( $x_{SH}$ ) wird dann auf eine bestimmte Außentemperatur so ausgelegt, daß sich für diese ein optimaler Einschwingvorgang ergibt. Bei abweichenden Außentemperaturen entstehen dann zwar geringfügig unterschiedliche Einschwingvorgänge, diese sind jedoch für die Fahrzeuginsassen kaum spürbar. Die einmal aktivierte PI-Regelung wird auch dann weiter aufrechterhalten, wenn aufgrund äußerer Störgrößeneinflüsse die Innenraumtemperatur-Regeldifferenz ( $dTi$ ) unter den unteren Umschaltgrenzwert ( $dTi_{Gu}$ ) absinkt, da die PI-Regelung eine solche Regeldifferenz im laufenden Regelbetrieb im Gegensatz zum Startbetrieb, z. B. bei Mo-

torkaltstart, problemlos auszuregeln vermag.

Beim Ausschalten der Zündung kann der letzte, von der PI-Regelung berechnete Einblaslufttemperatur-Sollwert ( $T_{b_s}$ ) aus der Rekursionsformel in einem Speicher der zentralen Reglereinheit (6) abgespeichert werden. Bei einem anschließenden Warmstartfall, in dem die PI-Regelung von Anfang an aktiviert wird, kann dann dieser abgespeicherte Wert gemäß der oben angesprochenen Alternative wieder als Anfangswert eingelesen werden. Zur Entscheidung, ob ein Warmstart vorliegt, prüft die zentrale Reglereinheit (6) der äußeren Regeleinrichtung (1) wie gesagt, ob die anstehende Innenraumtemperatur-Regeldifferenz ( $dTi$ ) sich oberhalb des zugehörigen vorgegebenen unteren Startbetriebsgrenzwertes ( $dTi_{Gu}$ ) von  $-8$  K befindet. Dieselbe PI-Regelungsaktivierung mit dem abgespeicherten Anfangswert der Einblaslufttemperatur kann durchgeführt werden, wenn bei eingeschalteter Zündung die zuvor inaktive Heizungsanlage des Fahrzeugs vom Benutzer aktiviert wird.

In einer alternativen Vorgehensweise wird statt der Innenraumtemperatur-Regeldifferenz die Kühlwassertemperatur des den Wärmetauscher (10) der Fahrzeugheizungsanlage durchfließenden Kühlwassers als für den anfänglichen Regelsystemzustand repräsentativer Temperaturparameter herangezogen. Die Kühlwassertemperatur ( $T_{Kw}$ ) wird in diesem Fall von einem nicht gezeigten Sensor erfaßt und der zentralen Reglereinheit (6) der äußeren Regeleinrichtung (1) zugeführt. Diese vergleicht die gemessene anfängliche Kühlwassertemperatur ( $T_{Kw}$ ) mit einem Kühlwassertemperatur-Startbetriebsgrenzwert ( $T_{KwG}$ ), der beispielhaft auf  $T_{KwG} = 65^\circ\text{C}$  gesetzt ist. Ist die anfängliche Kühlwassertemperatur ( $T_{Kw}$ ) größer als dieser Grenzwert ( $T_{KwG}$ ), so wird dies als ein Warmstart interpretiert, bei dem es möglich ist, die anfängliche Regelabweichung sehr schnell bereits durch die PI-Regelung zu beseitigen. Dementsprechend wird dann sofort die oben beschriebene PI-Regelung aktiviert. Wenn die anfängliche Kühlwassertemperatur ( $T_{Kw}$ ) jedoch unterhalb dieses Startbetriebsgrenzwertes ( $T_{KwG}$ ) liegt, so wird dies als Kaltstart erkannt, bei dem die Erreichung der gewünschten Innentemperatur allein mittels der PI-Regelung unerwünscht lange dauern würde. Deshalb wird in diesem Fall zunächst der maximal gegenregelnde Regelbetrieb durch Einstellen der Offset-Einblaslufttemperatur ( $T_{b_{soff}}$ ) durchgeführt, wie dies oben ausführlich beschrieben ist. Sobald dann wieder der untere Innenraumtemperatur-Regeldifferenz-Umschaltgrenzwert ( $dTi_{Gu}$ ) von  $-1$  K erreicht ist, schaltet die Regelung auf die PI-Regelung um, mit der der weitere Regelbetrieb erfolgt.

Ein konkreter Aufheizvorgang für den Kraftfahrzeuginnenraum nach einem Kaltstart ist in Fig. 3 dargestellt. Anfänglich liegt die Einblaslufttemperatur ( $T_b$ ), deren zeitlicher Verlauf durch die strichpunktierte Linie wiedergegeben ist, nur knapp über  $0^\circ\text{C}$  und die Fahrzeuginnenraumtemperatur ( $T_i$ ) nur leicht darüber. Eingestellt ist eine Fahrzeuginnenraum-Solltemperatur ( $T_s$ ) von  $+22^\circ\text{C}$ . Der untere Innenraumtemperatur-Regeldifferenz-Startbetriebsgrenzwert von  $dTi_{Gu} = -8$  K ist folglich unterschritten und die äußere Regeleinrichtung (1) erzeugt als Stellgröße ( $T_{b_s}$ ) zunächst den Offset-Wert als um den Zusatzwert ( $x_{SH}$ ) erhöhten Wert der Einblaslufttemperatur ( $T_b$ ), wobei der Zusatzwert ( $x_{SH}$ ) auf  $+20$  K gesetzt ist. Das sich durch das Zeitverzögerungsglied (7) ergebende Führungsgrößensignal ( $T_{b_{sv}}$ ) für die innere Regeleinrichtung (2), das dem zeitverzögerten Stellgrößensignal der äußeren Regeleinrichtung

(1) entspricht, ist in Fig. 3 gestrichelt gezeichnet. Bis zum Zeitpunkt ( $t_1$ ) steigen die Einblaslufttemperatur ( $T_b$ ) unter stets voll geöffnetem Wasserkreislauf-Taktventil (9) und mit ihr synchron der rechnerisch vorgegebene Einblaslufttemperatur-Sollwert ( $T_{b_s}$ ) um den Wert ( $x_{SH}$ ) verschoben kontinuierlich mit steigender Heizwassertemperatur stark an.

Zum Zeitpunkt ( $t_1$ ), d. h. vorliegend nach etwa 5 Minuten, erreicht die Innenraumtemperatur ( $T_i$ ) einen nur noch um  $1$  K gegenüber dem eingestellten Innenraumtemperatur-Sollwert ( $T_s$ ) geringeren Wert. Durch die daraus resultierende Überschreitung des Umschaltgrenzwertes von  $dTi_{Gu} = -1$  K durch die Innenraumtemperatur-Regeldifferenz ( $dTi$ ) schaltet die zentrale Reglereinheit (6) der äußeren Regeleinrichtung (1) auf die PI-Regelung um, wobei anfänglich zum Zeitpunkt ( $t_1$ ) der Offset-Wert für den Einblaslufttemperatur-Sollwert ( $T_{b_s}$ ) vom Wert  $T_b + x_{SH}$  auf den Wert  $T_b + x_{OH}$  als Startwert der PI-Regelung zurückgenommen wird. Der Zusatzwert ( $x_{OH}$ ) beträgt hierbei  $+5$  K. Dies bewirkt ein anschließend stetiges Abfallen des zeitverzögerten Einblaslufttemperatur-Sollwerts ( $T_{b_{sv}}$ ) und damit der Führungsgröße für die innere Regeleinrichtung (2), wobei die weitere Änderung des Einblaslufttemperatur-Sollwerts ( $T_{b_s}$ ) in der zentralen Reglereinheit (6) der äußeren Regeleinrichtung (1) mittels der oben angegebenen Rekursionsformel erfolgt und im weiteren zeitlichen Verlauf ebenfalls stetig auf den zur Innenraumtemperatur-Regeldifferenz Null führenden Endwert abklingt. Die Meßkurve für die Fahrzeuginnenraum-Isttemperatur ( $T_i$ ) zeigt, wie die Isttemperatur durch die maximal gehaltene Heizleistung in der Startphase bis zum Zeitpunkt ( $t_1$ ) rasch ansteigt und dann mittels der zum Zeitpunkt ( $t_1$ ) einsetzenden PI-Regelung mit nur geringen auftretenden Regeldifferenzen ( $dTi$ ) auf dem vorgegebenen Sollwert ( $T_s$ ) gehalten wird.

Mit der Regelungsanordnung nach Fig. 1 ist auch die Durchführung des Temperaturregelungsverfahrens in Form einer nachfolgend beschriebenen Kühlung des Fahrzeuginnenraums mittels einer vorhandenen Fahrzeugklimaanlage möglich.

Dazu wird zunächst bei kleinen angeforderten Einblasluft-Solltemperaturen die von außen kommende Luft durch den Kältesatz der Klimaanlage maximal abgekühlt und diese abgekühlte Luft dann als eingangsseitiger Luftstrom (12) dem Wärmetauscher (10) zugeführt, wonach die Regelungsanordnung nach Fig. 1 durch passendes Dazuheizen die gewünschte Blaslufttemperatur ( $T_b$ ) einstellt. Die Regelung erfolgt dann weitestgehend analog zum Heizbetrieb wie folgt.

Liegt eine anfängliche Innenraumtemperatur-Regeldifferenz ( $dTi$ ) von größer als ein vorgewählter oberer Innenraumtemperatur-Regeldifferenz-Startbetriebsgrenzwert ( $dTi_{Go}$ ) von  $dTi_{Go} = +2$  K vor, wird dies als große Regelabweichung von der zentralen Reglereinheit (6) der äußeren Regeleinrichtung (1), d. h. als ein Kaltstart, erkannt und in der Startphase die Einblasluft-Solltemperatur als Offset-Wert der Form  $T_{b_s} = T_b - x_{SK}$  eingestellt, wobei also wiederum ein in diesem Fall negativer Zusatzwert ( $-x_{SK}$ ) zur Einblasluft-Isttemperatur ( $T_b$ ) addiert wird. Die Größe des zusätzlichen Temperaturwertes ( $x_{SK}$ ) wird so gewählt, daß die Einblasluft-Regeldifferenz ( $dT_b = T_b - T_{b_{sv}}$ ) für die innere Regeleinrichtung (2) trotz Zeitverzögerungsglied (7) mit Sicherheit größer als  $+10$  K bleibt. Aus der Kennlinie von Fig. 2 ergibt sich dann, daß das Taktventil (9) ganz geschlossen bleibt, so daß folglich der maximal abge-

kühlte Luftstrom (12) ohne Erwärmung im Wärmetauscher (10) den Einblasluftstrom (13) bildet. Im Fall merklich zu großer anfänglicher Innenraumtemperatur, d. h. bei einer Regeldifferenz ( $dTi = Ti - Ts$ ) größer als +2 K, wird auf diese Weise die maximale Kühlleistung der Klimaanlage ausgenutzt, um den Fahrzeuginnenraum schnellstmöglich abzukühlen.

Sobald durch die maximal zugeführte Kälteleistung die Innenraumtemperatur-Regeldifferenz ( $dTi$ ) den oben angegebenen, vorgewählten oberen Umschaltgrenzwert ( $dTi_{Go}$ ) von  $dTi_{Go} = +1$  K unterschreitet, wird dies als Erreichen des Bereichs kleiner positiver Regeldifferenzen erkannt und die PI-Regelung innerhalb der zentralen Reglereinheit (6) der äußeren Reglereinrichtung (1) aktiviert, mit der die Regelung im folgenden weitergeführt wird. Als Startwert ( $Tb_s(0)$ ) der Einblasluft-Solltemperatur wird im Umschaltzeitpunkt für die PI-Regelung wiederum ein Startwert der Form  $Tb - x_{OK}$  vorgegeben, wobei der zur Einblasluft-Isttemperatur ( $Tb$ ) aufaddierte, in diesem Fall negative, Temperaturzusatzwert ( $-x_{OK}$ ) so vorgegeben wird, daß das Ventil (9) mit passendem Taktverhältnis getaktet wird, so daß der durch die Regelungsumschaltung auftretende Einschwingvorgang schnellstmöglich abklingt. Es genügt wiederum, den Zusatzwert ( $x_{OK}$ ) auf eine bestimmte Außentemperatur abzustimmen. Bei vorhandener Information über die Außentemperatur kann diese selbstverständlich zur Einstellung des Zusatzwertes ( $x_{OK}$ ) verwendet werden.

Der Fall einer anfänglichen Innenraumtemperatur-Regeldifferenz ( $dTi$ ) von weniger als  $dTi_{Go} = +2$  K wurde bereits oben abgehandelt. Selbstverständlich kann alternativ zur anfänglichen Innenraumtemperatur-Regeldifferenz ( $dTi$ ) wiederum die anfängliche Kühlwassertemperatur zur Entscheidung über einen Warmstart mit sofortiger PI-Regelung oder einen Kaltstart mit vorangehender maximaler Gegenregelung herangezogen werden.

Wie sich aus obigem ergibt, ermöglicht das beschriebene Regelungsverfahren für die mit einer Fahrzeugklimaanlage verbundene Regelungsanordnung sowohl eine schnellstmögliche Aufheizung als auch eine schnellstmögliche Abkühlung des Fahrzeuginnenraums jeweils nach Überschreiten eines vorwählbaren Grenzwertes der anfänglichen Abweichung der Innenraumtemperatur von ihrem benutzerseitig eingestellten Sollwert oder der anfänglichen Kühlwassertemperatur. Durch die besondere, rechnerisch ermittelte Vorgabe der Einblasluft-Solltemperatur während einer solchen maximalen Gegenregelung bei großen anfänglichen Regelabweichungen, durch die dieser Sollwert parallel mit der tatsächlichen Einblasluft-Isttemperatur fortwährend mitgeführt wird, liegt dieser Einblaslufttemperatur-Sollwert bei Erreichen des Bereiches betragsmäßig kleiner Innenraumtemperatur-Regeldifferenzen und damit bei Aktivierung der PI-Regelung bereits auf dem richtigen, der Außentemperatur angepaßten Wert. Zum Ausgleichen der großen anfänglichen Regeldifferenzen wird jeweils die in der Anlage vorhandene Heiz- und/oder Kühlleistung voll zur Gegensteuerung ausgenutzt. Durch die nachfolgende Aktivierung der PI-Regelung ist ein Außentempersensor nicht zwingend erforderlich, der eingestellte Innenraumtemperatur-Sollwert läßt sich vielmehr auch ohne Kenntnis der Außentemperatur zuverlässig einregeln.

Der Regelungsalgorithmus und damit seine Programmierung in eine Steuereinheit, die vorzugsweise in der zentralen Reglereinheit (6) der äußeren Regeleinrich-

tung (1) enthalten ist, bleibt ausreichend einfach, so daß zudem nur wenig Speicherplatz erforderlich ist. Die zentrale Reglereinheit (6) der äußeren Regeleinrichtung (1) kann selbstverständlich weitere Funktionen im Fahrzeug steuern oder regeln bzw. Teil einer multifunktionalen Steuer- und Regeleinrichtung im Fahrzeug sein.

Das Regelungsverfahren läßt sich sehr einfach auf die verschiedenartigen Anwendungsfälle anpassen. Insbesondere kann die Regelungsanordnung nach Fig. 1 durch passende Auswahl der Start- und der Umschaltgrenzwerte sowie der Temperaturzusatzwerte ( $x_{SH}$ ,  $x_{OH}$ ,  $x_{SK}$  und  $x_{OK}$ ) rasch und problemlos für verschiedenartige Fahrzeuge verwendet werden. Zudem ist es selbstverständlich möglich, mehrere, den anfänglichen Regelsystemzustand charakterisierende Temperaturparameter zu wählen und den maximal gegenregelnden Anfangsbetrieb bei Überschreiten eines oder aller diesbezüglichen Grenzwerte durchzuführen. Die obige Beschreibung bezieht sich zwar konkret auf ein einkanalisches Temperaturregelungssystem, das Regelungsverfahren läßt sich jedoch problemlos auch für gebräuchliche zweikanalige Fahrzeugklimaanlagen, d. h. mit getrennten Kanälen rechts und links, anwenden. Dabei können die vorzugebenden Parameterwerte entweder für den linken und rechten Kanal getrennt oder aber als Mittelwerte für beide Kanäle jeweils gemeinsam vorgegeben werden.

Es ist zudem ohne weiteres möglich, das Regelungsverfahren mittels einer gegenüber derjenigen der Fig. 1 modifizierten Regelungsanordnung durchzuführen und es beispielsweise zur Temperaturregelung von Innenräumen in Gebäuden zu benutzen, wobei das regelungsaktive Medium dann z. B. das Wasser einer Zentralheizungsanlage sein kann.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung der Temperatur eines Innenraums, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, bei dem

- mit einem inneren Regelkreis die Temperatur ( $Tb$ ) eines auf den Innenraum thermisch einwirkenden Mediums geregelt wird und
- die Mediumsolltemperatur ( $Tb_s$ ) als Führungsgröße für den inneren Regelkreis von einem äußeren Regelkreis in Abhängigkeit von der Innenraumtemperatur-Regeldifferenz ( $dTi$ ) vorgegeben wird,

dadurch gekennzeichnet,

- daß wenigstens ein Startbetriebsgrenzwert ( $T_{KwG}$ ,  $dTi_{SGu}$ ) für einen für den anfänglichen Regelsystemzustand repräsentativen Temperaturparameter sowie wenigstens ein Innenraumtemperatur-Regeldifferenz-Umschaltgrenzwert ( $dTi_{Gu}$ ) vorgegeben werden,
- daß zu Beginn jeder Aktivierung der Regelung der Istwert des für den anfänglichen Regelsystemzustand repräsentativen Temperaturparameters mit dem vorgegebenen Startbetriebsgrenzwert ( $T_{KwG}$ ,  $dTi_{SGu}$ ) verglichen wird und bei überschrittenem Startbetriebsgrenzwert ( $T_{KwG}$ ,  $dTi_{SGu}$ )
- mit dem äußeren Regelkreis zunächst eine Offset-Solltemperatur ( $Tb_{soff}$ ) des Mediums derart bestimmt wird, daß durch den inneren Regelkreis ein maximal gegenregelnder Wert der Stellgröße (TV) eingestellt wird, bis die Innenraumtemperatur-Regeldifferenz ( $dTi$ ) ei-

nen betragsmäßig kleineren Wert als der vorgegebene Regeldifferenz-Umschaltgrenzwert ( $dTi_{Gu}$ ) annimmt, wonach die Regelung durch Ermittlung der Solltemperatur ( $Tb_s$ ) des Mediums mittels einer PI-Regelung weitergeführt wird, und andernfalls

— die Regelung sofort durch Ermittlung der Solltemperatur ( $Tb_s$ ) des Mediums mittels einer PI-Regelung durchgeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Solltemperatur ( $Tb_s$ ) des Mediums als Stellgröße des äußeren Regelkreises dem inneren Regelkreis mittels eines Zeitverzögerungsgliedes (7) zeitverzögert als Führungsgröße ( $Tb_{sv}$ ) zugeführt wird. 10
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß vom äußeren Regelkreis als Offset-Solltemperatur ( $Tb_{soff}$ ) des Mediums die Summe aus der Isttemperatur ( $Tb$ ) des Mediums und einem vorwählbaren, zeitunabhängigen Zusatzwert ( $x_{sh}$ ,  $x_{sk}$ ) gebildet wird. 20
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß durch die PI-Regelung die Solltemperatur ( $Tb_s$ ) des Mediums fortwährend iterativ nach einer Rekursionsgleichung ermittelt wird, wobei als Solltemperatur-Startwert die Summe aus der Isttemperatur ( $Tb$ ) des Mediums und einem vorwählbaren Zusatzwert ( $x_{oh}$ ,  $z_{ok}$ ) vorgegeben wird. 25
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der vorwählbare Zusatzwert ( $x_{oh}$ ,  $z_{ok}$ ) zur Solltemperatur-Startwertbestimmung in Abhängigkeit von der Isttemperatur eines Außenraumes, dem das Medium entnommen wird, gewählt wird. 30
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß ein negativer unterer ( $dTi_{Gu}$ ) und ein positiver oberer Innenraumtemperatur-Regeldifferenz-Umschaltgrenzwert ( $dTi_{Go}$ ) vorgegeben werden, wobei nach einem anfänglichen maximal gegenregelnden Regelbetrieb auf den PI-Regelbetrieb umgeschaltet wird, sobald die Innenraumtemperatur-Regeldifferenz ( $dTi$ ) einen Wert im Intervall zwischen diesen beiden Grenzwerten ( $dTi_{Gu}$ ,  $dTi_{Go}$ ) erreicht. 35
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß als für den anfänglichen Regelsystemzustand repräsentativer Temperaturparameter die anfängliche Innenraumtemperatur-Regeldifferenz ( $dTi$ ) gewählt und ein diesbezüglicher unterer ( $dTi_{Gu}$ ) sowie oberer Startbetriebsgrenzwert ( $dTi_{Go}$ ) vorgegeben werden, wobei der der nachfolgenden PI-Regelung vorangehende maximal gegenregelnde Regelungsbetrieb durchgeführt wird, wenn die Innenraumtemperatur-Regeldifferenz zu Beginn den unteren Grenzwert ( $dTi_{Gu}$ ) unterschreitet oder den oberen Grenzwert ( $dTi_{Go}$ ) überschreitet. 40
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6 für eine Kraftfahrzeugheizungs- oder -klimaanlage mit einem kühlwasserdurchflossenen Wärmetauscher zur Erwärmung in den Innenraum einströmender Luft und mit Kühlwassertemperaturmessung, dadurch gekennzeichnet, daß als für den anfänglichen Regelsystemzustand repräsentativer Temperaturparameter die Kühlwassertemperatur gewählt und ein diesbezüglicher Grenzwert ( $T_{kwG}$ ) vorgegeben wird, bei dessen anfänglichem Unterschreiten der 45

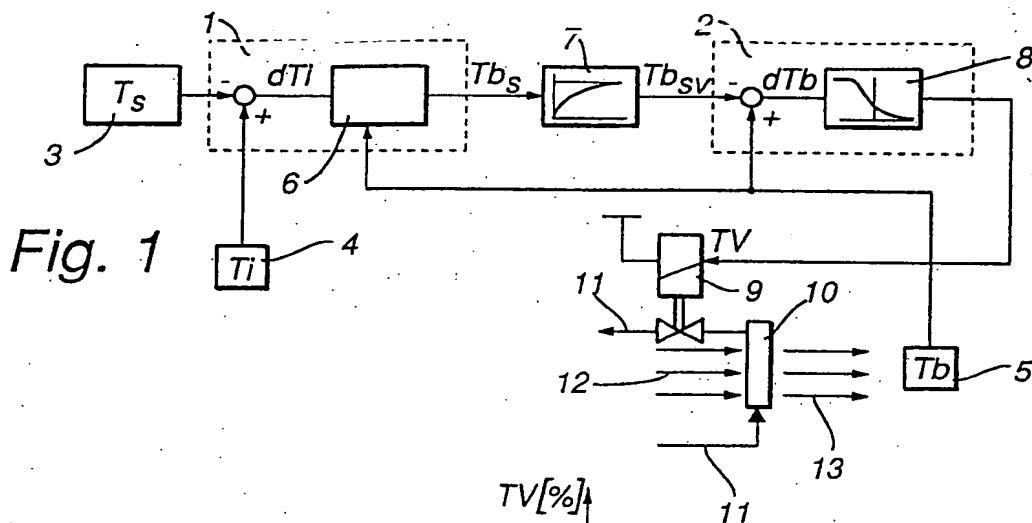
der späteren PI-Regelung vorangehende, maximal gegenregelnde Regelungsbetrieb durchgeführt wird.

---

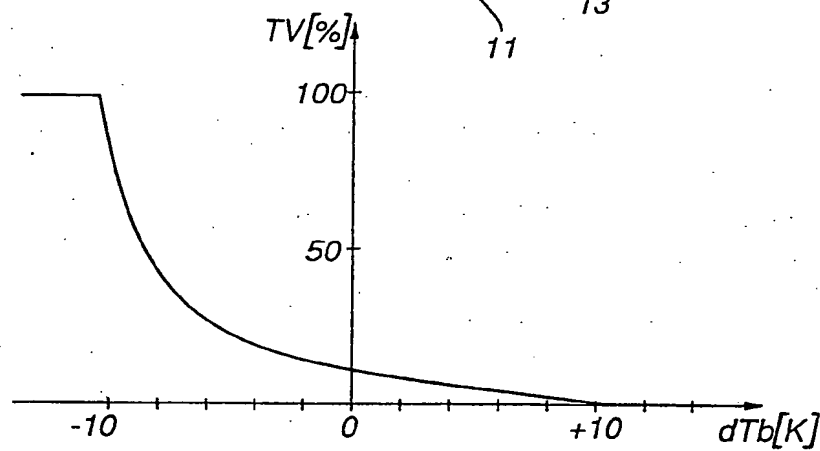
Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---





**Fig. 2**



**Fig. 3**

